

# USINA HIDRELÉTRICA SANTO ANTÔNIO

## Relatório de Atividades Programa de Monitoramento Sismológico

### Relatório 28

EMPRESA: **WW Consultoria e Tecnologia Ltda.**

PERÍODO DAS ATIVIDADES: **Março de 2013**

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: **João Willy Corrêa Rosa**

RESPONSÁVEL SAESA: **Ricardo Ferreira**

## Sumário

1. OBJETIVOS	3
2. ASPECTOS RELEVANTES	4
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	5
4. EQUIPE TÉCNICA DE TRABALHO	8
5. CONCLUSÕES	8

***APÊNDICE - Resultado do Processamento dos Registro das Estações Sismológicas na área da Santo Antônio Energia S.A.***

## **1. Objetivos**

O objetivo do Programa de Monitoramento Sismológico é a investigação de todos os aspectos que permitam o entendimento do comportamento sismológico da área de interesse da futura UHE Santo Antônio. Para atingir tais objetivos, a região de interesse, que inclui a região do reservatório da UHE Santo Antônio, precisaremos efetuar a localização de todos os eventos sismológicos regionais (incluindo-se aqui explosões em pedreiras na região do reservatório da UHE Santo Antônio, sismos naturais ou induzidos naquela região, ou qualquer outra atividade local que possa gerar ondas sísmicas).

O objetivo específico desta fase do programa é a observação regional no mês de Março de 2013, utilizando-se os dados registrados pela Estação Sismológica de Samuel (localizada em Rondônia, nas proximidades da UHE de Samuel) e a partir de Março de 2012, de dados das duas estações sismológicas instaladas na área da Santo Antônio Energia S.A. Com relação à primeira estação sismológica instalada em Santo Antônio, tivemos o equipamento da mesma instalado no escritório do Canteiro de Obras daquela empresa (na margem esquerda do Rio Madeira). Após uma fase de testes, temos agora a segunda estação sismológica do empreendimento, funcionando em área selecionada na localidade de Teotônio (margem direita do Rio Madeira). Nos trabalhos resumidos neste relatório (referentes ao mês de Março de 2013, quando resumimos as atividades realizadas durante o referido período mensal), tivemos o processamento do conjunto de dados gerados pelas duas estações previstas para a área da UHE de Santo Antônio. Os equipamentos das duas estações encontram-se instalados e funcionando, de forma rotineira, nos dois sítios escolhidos para a instalação definitiva das duas estações, que operam de forma contínua na área de interesse da UHE Santo Antônio, sendo denominadas SANT1 e SANT2.

A utilização dos registros da estação sismológica de Samuel como padrão para os registros da rede sismográfica que monitora a UHE Santo Antônio foi prática escolhida por termos, nesta estação, registros gerados no formato empregado em troca de dados sismológicos a nível internacional. Os registros das duas estações da UHE Santo Antônio são gerados a nível ainda mais detalhado de amostragem do sinal, porém em um formato de dados diferente. O acompanhamento dos eventos é normalmente feito com os registros das três estações.

Neste relatório, apresentamos um resumo dos procedimentos empregados e os resultados obtidos para esta fase do Programa de Monitoramento Sismológico da UHE Santo Antônio.

## **2. Aspectos Relevantes**

De acordo com o contrato firmado entre a empresa Santo Antônio Energia S.A., responsável pela Usina Hidrelétrica Santo Antônio e nossa empresa, procedemos, durante o mês de Março de 2013, à vigésima-sexta fase de operação da rede de duas estações sismográficas utilizada para o monitoramento sismológico da área de interesse da barragem da UHE citada. Seguindo as recomendações especificadas para o monitoramento, a região lago deve ser permanentemente monitorada por uma rede de duas estações sismográficas. Tal fato deve-se à necessidade de localizar, com precisão, os eventos que possam ocorrer no local de interesse da futura barragem.

A primeira estação sismográfica, SANT1, foi instalada no início de Dezembro de 2010, conforme previsto no programa. Os equipamentos da segunda estação sismográfica foram instalados na área de interesse da UHE Santo Antônio em Janeiro de 2011, de forma a tornar o sistema redundante e mais seguro. Desta forma, com a geração de dados pela estação SANT2, temos menor possibilidade de perda total no monitoramento da área. Assim, um segundo conjunto de equipamentos passou a equipar a estação SANT2, que opera desde Fevereiro de 2012, na região de Teotônio, na área de interesse da usina.

Para efetuar a localização dos eventos (incluindo-se aqui explosões em pedreiras na região do reservatório da UHE Santo Antônio, sismos naturais ou induzidos naquela região, ou qualquer outra atividade local que possa gerar ondas sísmicas), necessitamos determinar quatro parâmetros para cada evento: a localização exata do epicentro (latitude e longitude), a profundidade do foco e a hora de origem (momento em que ocorreu o evento). Assim, necessitamos de, no mínimo, quatro dados de tempo de chegada das ondas medidos na estação, que seriam nossas fontes de dados.

Conforme já citado, além da rede de duas estações sismográficas prevista para a UHE Santo Antônio, utilizaremos também os dados da Estação Sismológica de Samuel, da GSN (Rede Sismológica Mundial), da qual recuperamos os dados mensalmente para que, juntamente com os dados das duas estações locais da UHE Santo Antônio, possamos conduzir o monitoramento sismológico rotineiro da área de interesse da usina.

Como decidimos instalar um sismógrafo de três componentes em cada uma das duas estações sismográficas previstas para a UHE Santo Antônio, poderemos analisar tanto ondas P como ondas S, o que nos permite obter até seis leituras de tempos de chegada em cada estação sismográfica considerada. Isto explica o fato que, para o arranjo sismográfico mais simples e, portanto, menos oneroso, teremos três estações sismográficas, o que nos permitirá o registro da chegada das ondas P e das ondas S produzidas por um evento sísmico qualquer em cada uma das três estações consideradas no programa.

As duas estações instaladas na área da UHE Santo Antônio funcionaram, em Março de 2013, em regime rotineiro, sem mais interrupções ocorridas por falta de fornecimento de energia ao sistema da estação SANT1. Assim, tivemos a recuperação dos dados registrados de forma excelente para as estações da UHE Santo Antônio. No entanto, verificamos que a estação SANT1 mostrava um nível de ruído registrado extremamente alto até Fevereiro de 2013, o que inviabilizava sua utilização. Por ocasião dos trabalhos de campo, realizado no final de Fevereiro de 2013, verificamos que o poço onde estava abrigado o sensor foi parcialmente alagado com água de chuvas. O sensor foi então removido e drenado. Foi realizada uma limpeza da parte eletrônica, e o sensor foi instalado novamente no prédio da administração do canteiro de obras da SAE. Conforme pode ser observado no Apêndice deste relatório, o ruído foi totalmente removido dos registros posteriores. Isto significa que o sensor, por ter blindagem adicional interna, não foi danificado.

Procederemos agora à drenagem do poço que abriga o sensor, que será eventualmente instalado, com nova proteção, que evite futuros alagamentos, que ocorrem através de frestas no acoplamento da tampa do poço à moldura da mesma.

Por outro lado, a estação sismológica de Samuel teve, durante o período do final de Novembro de 2012 a início de Março de 2013, problemas com a transmissão dos dados registrados por aquela estação. Desta forma, tivemos um volume menor de dados processados referentes ao mês de Março de 2013.

Os dados obtidos para o período foram tratados, através da rotina de processamento de dados sismológicos normalmente empregada em observações deste tipo e os dados correspondentes foram interpretados.

Neste relatório, resumimos os resultados desta fase do programa de monitoramento sismológico regional previsto para este projeto.

### ***3. Atividades Desenvolvidas***

Conforme já citamos, para efetuar a localização dos eventos (neste caso, explosões em pedreiras na região do reservatório da UHE Santo Antônio), necessitamos determinar quatro parâmetros para cada evento: a localização exata do epicentro (latitude e longitude), a profundidade do foco e a hora de origem (momento em que ocorreu o evento). Assim, necessitamos de, no mínimo, quatro dados de tempo de chegada das ondas medidas na estação, que seriam nossas fontes de dados.

Deste modo, iniciamos nosso trabalho com a obtenção dos dados da Estação Sismológica de Samuel, a partir de consulta oficial aos registros dos arquivos da GSN

(Global Seismological Network), a partir dos dados armazenados nos bancos de dados do Consórcio IRIS, nos Estados Unidos. Os dados são obtidos, processados e gerados arquivos de duração individual de uma hora de registro, para as três componentes dos sensores principais daquela estação.

Os dados da estação de Samuel estão disponíveis com amostragem de 20 amostras por segundo, ou de 40 amostras por segundo. Os arquivos foram recuperados por nós para as duas frequências de amostragem. Testes iniciais realizados em nossa rotina de processamento comprovou que os dados com amostragem de 40 amostras por segundo são mais precisos para os nossos objetivos. Desta forma, empregamos os dados com esta amostragem maior em todo o processamento realizado com os dados obtidos da estação de Samuel (incluídos no Apêndice deste relatório). Em Janeiro e Fevereiro de 2012, tivemos, em caráter excepcional, mais ruído na componente utilizada anteriormente do sinal registrado pela estação de Samuel. Neste caso, o sensor do sismômetro STS-2 mostrou muito ruído, o que informamos o Serviço Geológico Norte-Americano (USGS), responsável pela manutenção do equipamento de Samuel. Aquele serviço mudou então os dados disponíveis para a estação para o sismômetro KS54000, da mesma estação. Está programada agora uma visita de manutenção dos técnicos do USGS à estação de Samuel para reparar o sensor STS-2. Até a manutenção ser finalizada, utilizaremos os dados gerados pelo sensor KS54000, o que não gera nenhum prejuízo a nosso trabalho de monitoramento da UHE Santo Antônio. A partir dos dados de Março de 2012, os registros apresentam-se sem o problema citado para os dois meses iniciais de 2012.

Em Março de 2013, os dados da estação de Samuel não puderam ser recuperados, conforme citamos acima. Deste modo, o processamento dos dados daquela estação não pôde ser realizado.

Quanto aos dados da primeira estação sismológica de Santo Antônio, tivemos a colaboração do Sr. Jordão e do Sr. Luiz, que nos apoiaram nos trabalhos do canteiro de obras, para obtenção dos dados dos dois sismógrafos que instalamos na área da Santo Antônio Energia S.A. Os dados foram separados em Brasília e tratados como um conjunto de informações independente em relação aos dados obtidos da Estação Sismológica de Samuel. Os dados da estação de Samuel foram utilizados, até Novembro de 2012, para identificação dos principais telessismos registrados pela rede sismológica. Assim, os dados da primeira estação de Santo Antônio foram processados de forma independente e, a partir de Março de 2012, em conjunto com os dados recuperados da estação SANT2. Esta estação opera agora em caráter rotineiro. Deste modo, a identificação das detonações no canteiro de obras foi conduzida utilizando-se os registros das estações SANT1 e SANT2, conforme apresentado neste relatório.

O processamento dos dados segue a seguinte rotina: as listagens de dados contendo as detonações (Tabela 1) registradas pelo grupo de trabalho que atua na construção da UHE Santo Antônio (liderado pelo Sr. Adãonei, pelo Sr. Rodrigo e demais colegas responsáveis pelas detonações realizadas no canteiro de obras) contem as informações de data, horário local, carga e outras informações de cada detonação

realizada. Considerando o horário das detonações listado nas tabelas fornecidas pela Santo Antônio Energia S.A., consultamos os arquivos de registro de Samuel que separamos a partir da rotina de processamento citada acima. O horário local em Santo Antônio é transformado para o horário GMT dos registros da estação de Samuel e os registros identificados.

Em Março de 2013, não conseguimos identificar a única detonação realizada no período, pois a planilha de dados de detonações, liberada pela SAE, mostrou apenas uma detonação, realizada com carga total muito reduzida. A identificação das fases P e S dos registros de detonações, permite localizar as detonações a distâncias epicentrais de aproximadamente 85 km de Samuel, correspondentes à medida da distância aproximada entre aquela estação e o canteiro de obras da UHE Santo Antônio, onde foram realizadas as detonações.

No Apêndice deste relatório, não incluímos, como foi procedimento adotado nos relatórios anteriores, o resultado do tratamento dos dados da estação de SAML, para a identificação de telessismos ocorridos na Terra durante o período considerado por este relatório. Nos relatórios anteriores, dos resultados da análise de registros de telessismos apresentados, temos registros de sismos ocorridos a grande distância da localidade da UHE Santo Antônio, com os dados epicentrais publicados pelo National Earthquake Information Center, do Serviço Geológico Norte-Americano (USGS). Desta forma, podemos observar que as estações utilizadas para o monitoramento da área de interesse da UHE Santo Antônio mostram sensibilidade também para a observação deste tipo de evento. Mesmo com a ausência dos dados de SAML, pudemos comprovar, através do processamento de dados da estação SAML, o registro de um telessismo ocorrido na Colômbia, em Fevereiro de 2013.

Neste relatório, apresentamos ainda uma série de mapas e de imagens de satélite preparados para o Programa de Monitoramento Sismológico, onde foram localizadas as principais feições regionais e os prédios do canteiro de obras da UHE Santo Antônio. As estações sismológicas instaladas na área da UHE Santo Antônio, assim como a estação sismológica de Samuel, encontram-se também posicionadas nos mapas e imagens anexados a este relatório.

No dia 25 de Novembro de 2012, a estação SANT1 registrou o evento regional ocorrido em Ariquemes, RO (incluído no Apêndice deste relatório), que foi amplamente divulgado pela imprensa regional. Este evento, com magnitude 4.7, determinada pelo sistema IRIS e pelo National Earthquake Information Center, do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), teve seus demais parâmetros epicentrais determinados como:

hora de origem: 22:57:42 GMT  
epicentro: -9.46; -63.02  
profundidade focal: 19.4 km

Os registros da estação SANT2 foram incluídos também no Apêndice deste relatório, pois a coleta de dados anterior foi realizada no dia 19 de Novembro de 2012. Conforme já citamos, a estação SAML teve a transmissão de dados à rede internacional

interrompida no dia 22 de Novembro de 2012, dependendo agora de manutenção para o restabelecimento da comunicação de dados via satélite.

O registro dos dados do sismo regional citado, pelas estações SANT1 e SANT2 (cujo processamento foi incluído no Apêndice deste relatório) demonstram, pelo acionamento do software de trigger (indicado pela coloração vermelha do registro), que o sistema de monitoramento da UHE Santo Antônio está em funcionamento adequado, capaz de monitorar até sismos regionais, além dos eventos de natureza local.

#### **4. Equipe Técnica de Trabalho**

A equipe envolvida no processamento dos dados da UHE Samuel incluídos neste relatório composta do profissional:

Prof. João Willy Corrêa Rosa (Coordenador) (PhD em Geofísica, MIT-USA, 1986)

#### **5. Conclusões**

Considerando o objetivo do Programa de Monitoramento Sismológico é a investigação de todos os aspectos que permitam o entendimento do comportamento sismológico da área de interesse da futura UHE Santo Antônio. Para atingir tais objetivos, a região de interesse, que inclui a região do reservatório da UHE Santo Antônio, precisaremos efetuar a localização de todos os eventos sismológicos regionais (incluindo-se aqui explosões em pedreiras na região do reservatório da UHE Santo Antônio, sismos naturais ou induzidos naquela região, ou qualquer outra atividade local que possa gerar ondas sísmicas).

Nesta fase do trabalho, não utilizamos os dados da Estação Sismológica de Samuel, localizada em Samuel, RO, que é parte da Rede Sismológica Mundial (GSN), operada pela Universidade de Brasília, pois a mesma apresentou problemas de funcionamento e de transmissão de dados no período. Os dados das estações sismográficas instaladas na área de UHE Santo Antônio foram tratados, através de processamento envolvendo técnicas de separação dos dados em faixas de frequências que permitissem a identificação dos registros das detonações realizadas no canteiro de obras da UHE Santo Antônio no período de Março de 2013.

Assim, realizamos no mês de Março de 2013, o processamento de todos os dados obtidos das equipamentos das duas estações sismológicas instalados na área da UHE Santo Antônio. Os equipamentos da estação SANT1, que tiveram problemas referentes ao alagamento do poço do sensor em Fevereiro de 2013, já foi removido e instalado em outro local, até que o problema de vedação do poço seja solucionado.

Consideramos que, conforme o apresentado neste relatório, os objetivos desta fase de trabalho do Programa de Monitoramento Sismológico foram alcançados para o período de Março de 2013, com o monitoramento realizado pelas duas estações de

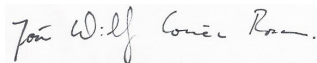


Santo Antônio operando em fase rotineira, com os equipamentos instalados no canteiro de obras da usina.

Em 25 de Novembro de 2012, a rede de estações registrou também o sismo regional ocorrido em Ariquemes, RO, com magnitude 4.7, que foi detectado pelo software de trigger do sistema. O registro deste evento comprova a capacidade de detecção regional da rede sismográfica instalada na UHE Santo Antônio

Pretendemos agora, com o processamento dos dados coletados pela rede sismológica, dar continuidade a este Programa de Monitoramento Sismológico, com o processamento rotineiro dos dados registrados pelas duas estações citadas ao longo do próximo mês.

Brasília, 21 de Março de 2013.



João Willy Corrêa Rosa  
WW Consultoria e Tecnologia Ltda  
SEPS 715/915 Centro Clínico Pacini Bloco D Sala 103  
70.390-155 - Brasília, DF  
Fone (+61) 9988-4234  
joaowillyrosa@gmail.com